蝶と蛾 *Trans. lepid. Soc. Japan* **52** (1): 25–33, December 2000

放蝶温室内でのクロアゲハの訪花活動について

瀬田　和明・落合　米子・寺口　芳一
121-0064　足立区保木間2丁目17-1 足立区生物園

Flower visiting activity of *Papilio protenor* Cramer (Lepidoptera, Papilionidae) **in the butterfly house**

Kazuaki SETA, Yoneko OCHIAI and Yoshikazu TERAGUCHI

Biopark of Adachi, Tokyo, 2-17-1 Hokima, Adachi-ku, Tokyo, 121-0064 Japan

Abstract Flower visiting activities of *Papilio protenor* were observed in the butterfly house at Biopark of Adachi, Tokyo on Oct. 24, Oct. 25, Dec. 24 in 1998 and Jan. 29 in 1999. Their activities showed two peaks when they were depressed by high air temperature and radiant heat, while on the other hand they showed a single peak when they were depressed by low air temperature and radiant heat. These results suggested that their activities were influenced by radiant heat and air temperature more than light intensity. On the other hand the peaks of the flower visiting activities of female butterflies were not clear. Female flower visiting activities seemed not to be so strongly affected by environmental factors as male activities.

Key words *Papilio protenor*, flower visiting activity, environmental factors.

はじめに

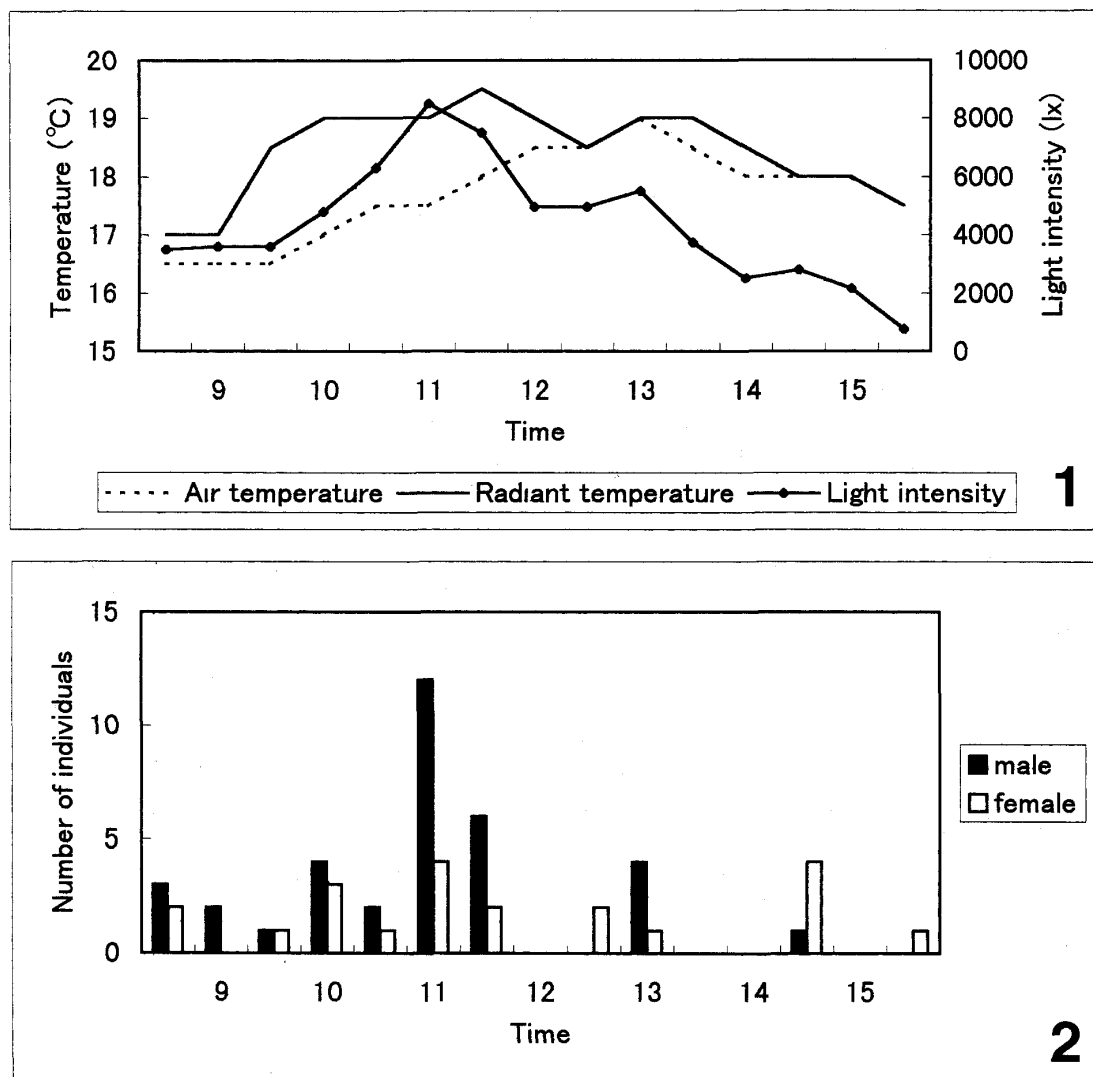
クロアゲハはヒマラヤ西部から中国大陸南部，台湾，日本列島にかけて東洋の亜熱帯から暖帯に帯状に分布する大型の黒いアゲハチョウである．我が国では北海道を除く各地に分布し，採集や飼育も容易なことから昆虫学の研究の対象としてよく利用されており，これまでにも遺伝学や生理学などの研究分野で数多くの研究成果が得られてきた (阿江，1971, Ae, 1979; Ichinosê and Honda, 1978; Ichinosê and Negishi, 1979; Ichinosê and Iwasaki, 1979; Honda, 1979; Honda and Hayashi, 1995*a*, 1995*b*)．生態学や行動学についても，高知県の里山をフィールドとした一連の調査ではこれまで知見の少なかった黒色アゲハチョウの生態について多くの研究成果が得られている (Kiritani *et al.*, 1984; Watanabe *et al.*, 1984; Watanabe *et al.*, 1985; Nozato *et al.*, 1985; Suzuki *et al.*, 1985; Uzuki *et al.*, 1987; Watanabe *et al.*, 1988; Ban *et al.*, 1990)．この中には野外での日周活動についての研究成果があるが (Suzuki *et al.*, 1985)，この報告は夏世代の観察結果から導き出されている．チョウの活動性は環境条件の影響を受けやすい事が知られており，異なった季節や天候の下でさらにデータを蓄積する必要がある．しかし野外で観察を継続するには，調査場所の確保や調査日程の調整など制約要因が多く，その後継続した調査は行なわれていない．筆者らはこれまでに足立区生物園の放蝶温室を利用してチョウの訪花活動や日周活動の観察を行なってきた (瀬田・井上，1999; 瀬田ら，1999*a*, 1999*b*)．昆虫館の温室は閉鎖空間だが，照度や気温などの環境条件を詳細に記録しながらチョウの行動を観察することによって，訪花活動や日周活動などチョウの行動研究を行なうことは可能と思われる．今回は異なった環境条件でのクロアゲハの訪花活動についての結果を報告する．

材料および方法

クロアゲハ (*Papilio protenor* Cramer) は沖縄県石垣島で採集したメスから採卵し，足立区生物園で累代飼育したものである．観察当日のクロアゲハの雌雄別推定個体数と羽化後のおよその日数を Table 1 に示す．観察場所となった足立区生物園の温室は東西約 16 m，南北約 30 m，高さ最大 15 m の空間で

Table 1.　Number of individuals and day after emergence on the observation days.

Observation date	Number of individuals		Days after emergence	
	male	female	male	female
Oct. 24	35	60	7–20	7–20
Oct. 25	35	60	7–20	7–20
Dec. 24	30	30	4–15	4–15
Jan. 29	25	25	1–20	1–20

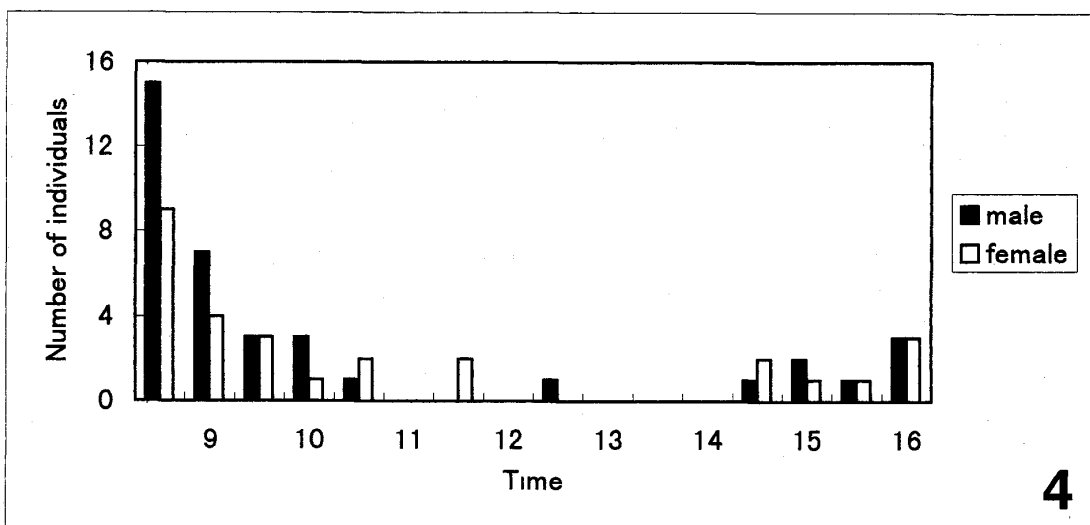
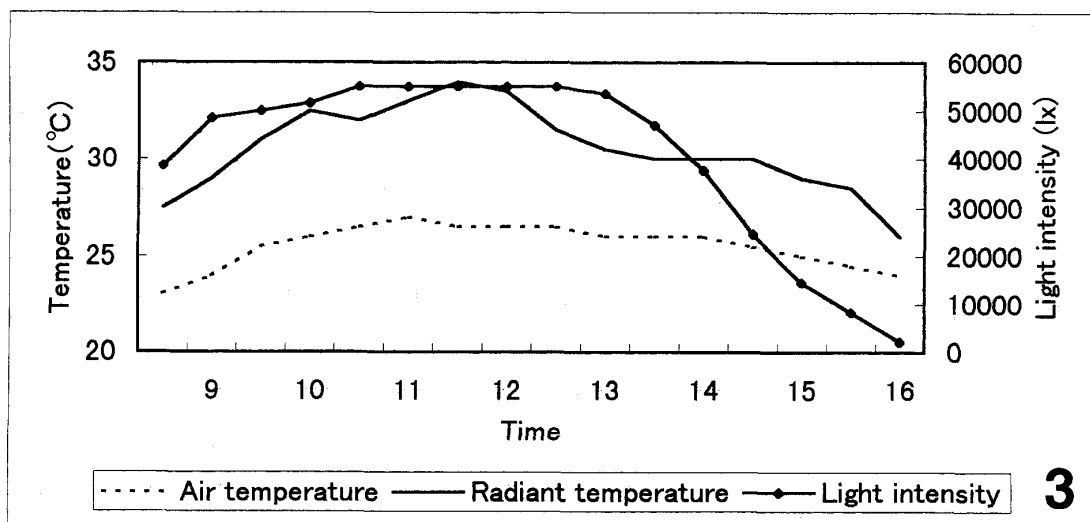
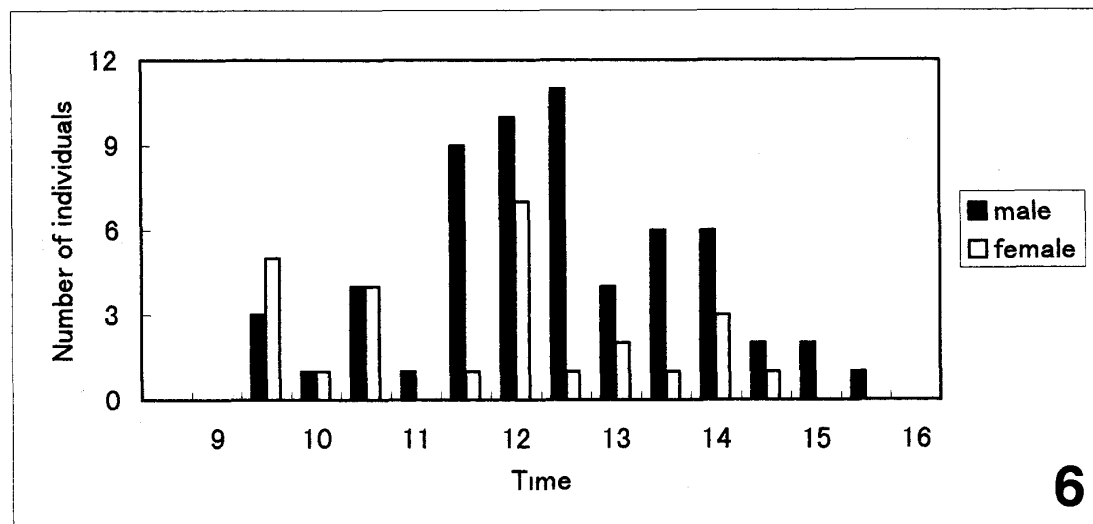
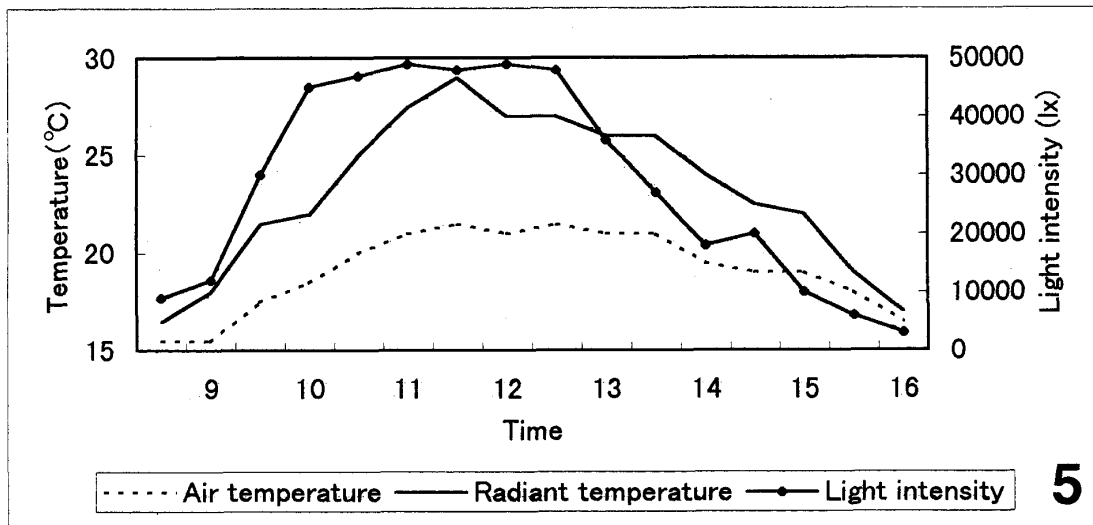
ある．温室内にはビロウやヘゴなどの熱帯植物が植栽され，南西諸島の森林の環境が再現されている．この温室の中にベニデマリ (*Ixora coccinea* L.) が植栽されている．ベニデマリはアカネ科の低木で，近縁種のサンダンカ (*Ixora chinensis* Lank.) とともに，この温室内ではクロアゲハやナガサキアゲハなど黒いアゲハチョウの重要な吸蜜植物となっている．1998 年 10 月はベニデマリの花が最盛期を迎え，各種のチョウが吸蜜に訪れていた．そこで，1998 年 10 月の観察ではベニデマリに吸蜜に来るクロアゲハの訪花活動を観察した．1998 年 12 月の観察時にはベニデマリの花は最盛期を過ぎていたた

Figs 1–2.　Environmental factors in the butterfly house (1) and flower visiting activities of *Papilio protenor* (2) on Oct. 24.

め，サンダンカの花に吸蜜に来るクロアゲハの訪花活動を観察した．最後の 1999 年 1 月の観察ではベニデマリ，サンダンカとも花期を過ぎていたため，タチバーベナ (*Verbena bonariensis* L.) の花に吸蜜に来るクロアゲハの訪花活動を観察した．タチバーベナも放蝶温室内ではクロアゲハやナガサキアゲハなど黒いアゲハチョウの重要な吸蜜源となっている植物である．

観察は 1998 年 10 月 24 日，25 日，12 月 24 日，1999 年 1 月 29 日の 4 日間，8 時 30 分から 16 時 30 分 (1998 年 10 月 24 日は 16 時) まで行なった．この間，温室の環境条件として照度，気温，輻射温度 (温度計のアルコール球部分を黒いビニールテープで覆ったものを日向に置く) を 30 分間隔で測定した．照度測定には，50,000 lux 以下の場合は共立電気計器の光電池照度計 model 5200 を使用し，50,000 lux を越えたときはセコニックスタジオデラックス II model L-398M を使用した．

結　果

温室内の環境条件

10 月 24 日は朝から時々小雨の降る曇の状態が 1 日中続いた．このため，照度，気温，輻射温度ともほとんど上昇しなかった．ただ，10 時 30 分頃から 12 時頃まで，わずかな時間だが雲が薄くなり，照

Figs 3–4. Environmental factors in the butterfly house (3) and flower visiting activities of *Papilio protenor* (4) on Oct. 25.

Figs 5–6. Environmental factors in the butterfly house (5) and flower visiting activities of *Papilio protenor* (6) on Dec. 24.

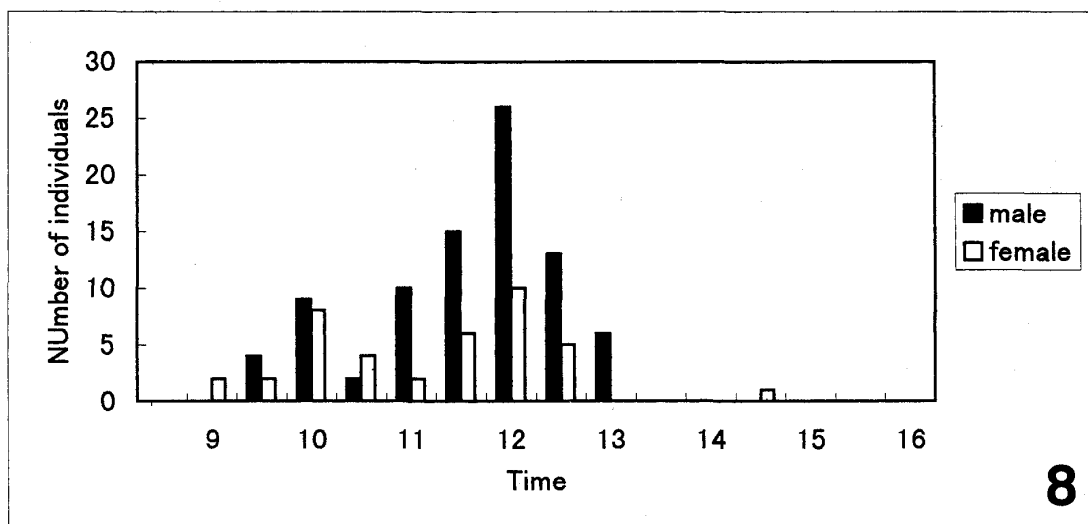
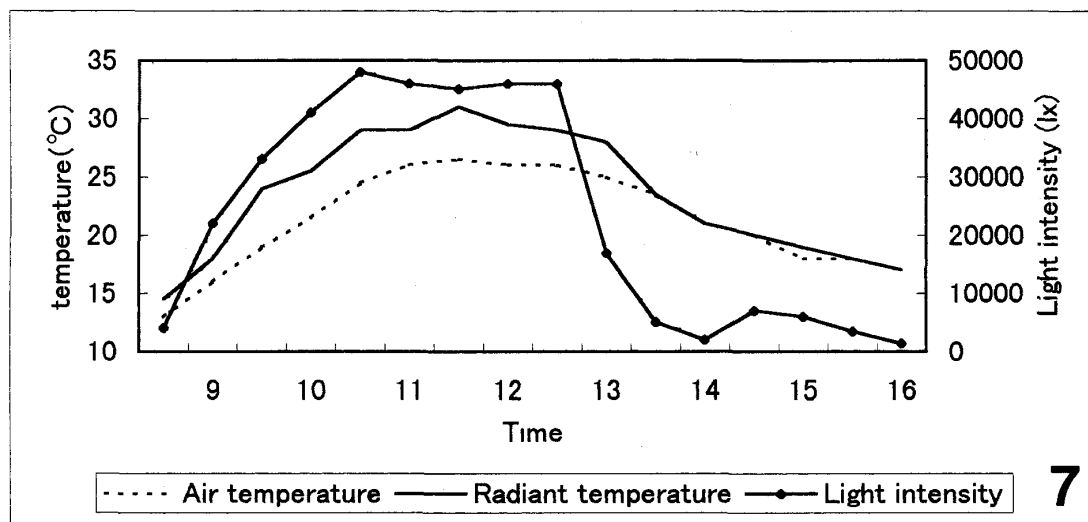
度と輻射温度が若干上昇した (Fig. 1).

10月25日は快晴で，観察開始時から照度，気温，輻射温度が上昇し，9時30分には照度50,000 lux, 気温25°C, 輻射温度30°Cを越えた．この日は照度，気温，輻射温度が共に高い状態が午前中から正午過ぎにかけて続き，輻射温度は最大で34.0°Cまで上昇した．14時以後は照度，気温，輻射温度とも下降に転じた (Fig. 3).

12月24日も快晴で，照度，気温，輻射温度は午前中から時間の経過とともに上昇したが，冬期のため最高気温は21.5°C, 最高輻射温度も29.0°Cまでしか上昇しなかった．午後は照度の低下にともない気温，輻射温度とも下降に転じた (Fig. 5).

1月29日も午前中は晴れていたため照度，気温，輻射温度は時間の経過とともに上昇した．13時を過ぎると雲が広がりはじめたため，照度は急激に低下した．それにともなって気温，輻射温度とも下降に転じた．この日の最高気温は26.5°C, 最高輻射温度は31.0°Cだった (Fig. 7).

クロアゲハの訪花活動

10月24日は，観察を開始した8時30分から断続的に訪花活動が観察された．オスの訪花活動が最も

Figs 7–8. Environmental factors in the butterfly house (7) and flower visiting activities of *Papilio protenor* (8) on Jan. 29.

活発になったのは 11 時から 11 時 30 分の時間帯である．これに対してメスの訪花活動は 1 日を通して断続的に続き，オスの活動に見られたようなはっきりしたピークは見られなかった．この日はオス 35 回，メス 21 回の訪花活動が観察されたが，オスの訪花活動は 35 回のうち 30 回が午前中に観察された．メスの訪花活動も 21 回のうち 13 回は午前中に観察されたものだった (Fig. 2).

10 月 25 日の訪花活動は観察を開始した 8 時 30 分には雌雄とも既に活発になっていた．しかし訪花活動は時間の経過ともに不活発になり，10 時 30 分以後の訪花活動は雌雄共に 30 分当たり 2 回以下に減少し，11 時から 14 時 30 分の間にはほとんど訪花活動は見られなかった．14 時 30 分を過ぎると訪花活動は再び活発化し，夕方にかけて断続的な訪花活動が観察された．特に観察終了間際の 16 時から 16 時 30 分の間に雌雄 3 回ずつの訪花が観察された．この日はオス 37 回，メス 28 回の訪花が観察されたが，そのうちオスは 29 回，メスは 21 回が午前中に観察された．特に観察開始直後の 8 時 30 分から 9 時の時間帯は最も活発な時間帯であり，オス 15 回，メス 9 回の訪花が観察された (Fig. 4).

12 月 24 日は観察開始時に訪花活動をしている個体はなかった．オスの訪花活動は午前中から観察されたが，活発な活動が観察されるようになったのは 11 時 30 分を過ぎてからで，11 時 30 分から 13 時の間には 30 分当たり 10 回前後の活発な訪花活動が観察された．その後は時間帯による多少の変動はあるものの夕方に向かって訪花回数は減少したが，訪花活動は 16 時まで続いた．この日は 60 回のオスの訪花活動が観察されたが，そのうちの 30 回が 11 時 30 分から 13 時の時間帯に観察された．これ

に対してメスの訪花活動は 9 時 30 分過ぎから断続的に観察されたものの，オスの活動のようにはっきりとしたピークは示さなかった．この日は 26 回の訪花活動が観察された (Fig. 6).

1 月 29 日も 12 月 24 日と同様に観察開始時に訪花活動をしている個体はなかった．オスの訪花活動は 9 時 30 分過ぎから始まり，おおむね時間の経過ともに活発になっていった．最も活動が活発になったのは 12 時から 12 時 30 分の時間帯で，この間に 26 回の訪花が観察された．13 時以後，オスの訪花活動は急激に不活発になり，13 時 30 分以後の訪花活動は観察されなかった．メスの訪花活動は 9 時過ぎから始まり，10 時から 10 時 30 分の時間帯と 12 時から 12 時 30 分の時間帯に訪花回数が増加したが，オスの活動性のような明瞭なピークは見られなかった．メスの訪花活動も 13 時以後は不活発になり，13 時以後の訪花活動は 1 回だけしか観察されなかった (Fig. 8).

考　察

チョウの飛翔活動や訪花活動と環境条件の関係についてはこれまでにも多くの研究が行なわれている (広瀬，1954; 津吹ら，1975*a*, 1977*b*, 1977*c*; Suzuki *et al.*, 1985; Tsubuki and Takizawa, 1996). 野外におけるクロアゲハの吸蜜活動は雌雄とも午前中と夕方に活動が活発になる双峰型の活動パターンを示す (Suzuki *et al.*, 1985). 今回の観察でも 10 月 25 日の訪花活動は雌雄とも双峰型となり，野外での観察結果と類似した結果が得られた．しかし，12 月 24 日と 1 月 29 日の観察では正午前後に活動が活発となる単峰型の活動パターンを示した．

この 3 日間の環境条件を比べると，1 月 29 日の午後を除いて 3 日間とも晴天であり，最高照度については 50,000 lux 前後でそれほど大きな違いはなかったが，気温と輻射温度は大きく異なっていた．10 月 25 日は最高気温 27.0°C，最高輻射温度 34.0°C まで上昇し，最低気温も 23.0°C，最低輻射温度も 26.0°C までしか下がらなかった．それゆえ，クロアゲハは照度，気温，輻射温度の高くなる日中の時間帯を避け，午前中と夕方に活動する双峰型の活動性を示したものと考えられる．これに対して，12 月 24 日の朝の気温は 15.5°C，輻射熱も 16.5°C と 10 月 25 日に比べると低く，日中の最高気温は 21.5°C，最高輻射温度も 29.0°C までしか上昇しなかった．この日は朝と夕方の低い気温と輻射温度がクロアゲハの訪花活動を抑制し，単峰型の活動パターンが現われたものと考えられる．1 月 29 日には，朝の気温と輻射温度はさらに低かったため，12 月 24 日と同様，観察開始時点での訪花活動は見られず，気温と輻射温度の上昇と共に活動が活発化したものと考えられる．

10 月 24 日と 10 月 25 日では僅か 1 日の違いにもかかわらず，活動性に大きな違いが見られた．この 2 日間は天候条件の違いから温室内の環境条件は大きく異なり，曇天で照度，気温，輻射温度の低い日 (10 月 24 日) と晴天で照度，気温，輻射温度の高い日 (10 月 25 日) の比較ということになる．訪花活動を比較すると，10 月 24 日は一時的に雲が薄くなり照度と輻射温度が上昇した 11 時から 12 時の間に訪花活動が集中する傾向が見られた．10 月 25 日は照度，気温，輻射温度の高い日中の時間帯にはほとんど活動が見られず，活発な活動が見られたのは照度，気温，輻射温度がピークに達する前の 9 時 30 分以前と照度，気温，輻射温度が下がりはじめた 14 時 30 分過ぎである．この日は日中の高い気温と輻射温度により活動が抑制されたために双峰型の活動性を示したものと考えられる．温室内のチョウの組成はほぼ同じなので，両日の違いは環境条件の違いによるものと考えられる．

オスとメスの活動性を比較すると，いずれの観察日においても，オスはメスよりもはっきりとした活動のピークを示したが，メスははっきりとしたピークを示さなかった．このことはオスの訪花活動はメスよりも環境条件の影響を受けやすいことを示唆している．同様の傾向はツマベニチョウの訪花活動でも認められており (瀬田ら，1999*b*)，雌雄の活動性の特性を比較する上で興味深い．

チョウの活動性が照度，気温，輻射温度などの環境条件に大きく影響されることはモンシロチョウ (広瀬，1954) や，モンキチョウ (Tsubuki and Takizawa, 1996) で観察されており，今回の放蝶温室内でのクロアゲハの訪花活動も環境条件，特に輻射温度の影響を強く受ける傾向が認められた．チョウの訪花活動は環境条件だけでなく配偶活動や産卵活動，さらには体内時計による内的リズムや吸蜜植物の蜜の量とも関係し (Suzuki *et al.*, 1987)，これらの要因が複雑に絡み合って決定されていると考えられる．チョウだけでなく動物の行動を調べるためには野外での行動観察が重要であるが，野外調査は場所の選定や天候，時間などの制約が多く，調査の実施はなかなか難しい．それゆえ，今回の調査は放蝶温室内での観察であるが，チョウの行動観察として貴重な記録になるものと思われる．

謝　辞

今回の行動観察を行なうにあたり，チョウの行動観察の捉え方について指導していただいた十文字中学・高等学校の津吹卓博士，有益な助言をいただいた農林水産省蚕糸昆虫研究所の井上尚氏，チョウの飼育と食草の栽培に協力していただいた足立区生物園の方々に厚くお礼申し上げる.

引用文献

阿江　茂, 1971. アゲハチョウ属の種間雑種の研究 (続報). 日本鱗翅学会特別報告 (5): 89-106, pls 1-8.

Ae, S. A., 1979. The phylogeny of some *Papilio* species based on interspecific hybridization data. *Syst. Ent.* **4**: 1-16.

Ban, Y., Kiritani, K., Miyai, S. and K. Nozato, 1990. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 8. Survivorship curves of adult male populations in *Papilio helenus nicconicolens* Butler and *P. protenor demetrius* Cramer (Lepidoptera: Papilionidae). *Appl. Ent. Zool.* **25**: 409-414.

広瀬欽一, 1954. モンシロチョウの日周活動と気象条件. 新昆虫 **7** (4): 33-39.

Honda, K., 1979. Environmental factors affecting the pupal coloratiom in *Papilio protenor demetrius* Cr. (Lepidoptera: Papilionidae) I. Effect of chemical stimulus (Odor). *Kontyû* **47**: 191-195.

Honda, K. and N. Hayashi, 1995. A flavonoid glucoside, phellamurin, regulates differential oviposition on a rutaceous plant, *Phellodendron amurense*, by two sympatric swallowtail butterflies, *Papilio protenor* and *P. xuthus*: The front line of a coevolutionary arms race ? *J. chem. Ecol.* **21**: 1531-1539.

————, 1995. Chemical factors in rutaceous plants regulating host selection by two swallowtail butterflies, *Papilio protenor* and *P. xuthus* (Lepidoptera: Papilionidae). *Appl. Ent. Zool.* **30**: 327-334.

Ichinosê, T. and H. Honda, 1978. Ovipositional behavior of *Papilio protenor demetrius* Cramer and the factors involved in its host plants. *Appl. Ent. Zool.* **13**: 103-114.

Ichinosê, T. and H. Negishi, 1979. Pupal diapause in some Japanese papilionid butterflies II. The difference in the induction of diapause between the two subspecies of *Papilio protenor* Cramer. *Kontyû* **47**: 89-98.

Ichinose, T. and N. Iwasaki, 1979. Pupal dipause in some Japanese papilionid butterflies III. The difference in the termination of diapause between the two subspecies of *Papilio protenor* Cramer and their development. *Kontyû* **47**: 272-280.

Kiritani, K., Nozato, K., Miyai, S. and Y. Ban, 1984. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 1. Ecological characteristics of male populations in *Papilio helenus nicconicolens* Butler and *P. protenor demetrius* Cramer (Lepidoptera: Papilionidae). *Jap. J. Ecol.* **34**: 271-279.

Nozato, K., Kiritani, K., Miyai, S. and Y. Ban, 1985. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 4. Estimation of life span of male *Papilio helenus nicconicolens* Butler and *P. protenor demetrius* Cramer (Lepidoptera: Papilionidae). *Appl. Ent. Zool.* **20**: 494-496.

瀬田和明・井上　尚, 1999. マダラチョウの訪花活動について (1) 温室内における花の色に対する選好性, 日周活動と環境条件. 蝶と蛾 **50**: 104-110.

瀬田和明・落合米子・寺口芳一, 1999*a*. マダラチョウの訪花活動について (2) 温室内におけるオオゴマダラ, スジグロカバマダラの日周活動と環境条件. 蝶と蛾 **50**: 235-242.

————, 1999*b*. 放蝶温室内でのツマベニチョウの日周活動について. 蝶と蛾 **50**: 281-289.

Suzuki, N., Niizuma, A., Yamashita, K., Watanabe, M., Nozato, K., Ishida, A., Kiritani, K. and S. Miyai, 1985. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 2. Daily activity patterns and thermoregulation in summer generations of *Papilio helenus nicconicolens* Butler and *P. protenor demetrius* Cramer (Lepidoptera: Papilionidae). *Jap. J. Ecol.* **35**: 21-30.

Suzuki, N., Yamashita, K., Niizuma, A. and K. Kiritani, 1987. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 6. Nectar feeding of *Papilio helenus nicconicolens* Butler and *P. protenor demetrius* Cramer as main pollinators of glory bower, *Clerodendron trichotomum* Thunb. *Ecol. Res.* **2**: 41-52.

津吹 卓・江田信豊・中島喜弘・浜口常雄・池尻周二・宮田典久・小山長雄, 1975. 数種鱗翅類のブッドレア (*Buddleja davidii* Franch) 訪花活動性, 1. ミドリヒョウモンとキタテハ. *New. Ent., Ueda* **24** (2): 47-53.

津吹 卓・江田信豊・中島喜弘・浜口常雄・池尻周二・小山長雄, 1977. 数種鱗翅類のブッドレア (*Buddleja davidii* Franch) 訪花活動性, 2. アカタテハとヒメアカタテハ. *New. Ent., Ueda* **26** (1/2): 25-31.

————, 1977. 数種鱗翅類のブッドレア (*Buddleja davidii* Franch) 訪花活動性, 3. ホウジャクガ類. *New. Ent., Ueda* **26** (3): 20-26.

Tsubuki, T. and T. Takizawa, 1996. Flight activities of *Colias erate* (Lepidoptera, Pieridae) in high and low altitudes. *Trans. lepid. Soc. Japan* **47**: 17-28.

Watanabe, M., Nozato, K., Kiritani, K. and S. Miyai, 1984. Seasonal fluctuations of egg density and survival rate in Japanese black swallowtail butterflies. *Jap. J. Ecol.* **34**: 271-279.

Watanabe, M., Suzuki, N., Nozato, K., Kiritani, K., Yamashita, K. and A. Niizuma, 1985. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 3. Diurnal tracking behavior of adults in summer generation. *Appl. Ent. Zool.* **20**: 210-217.

Watanabe, M., Nozato, K. and K. Kiritani, 1986. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies (Lepidoptera: Papilionidae). 5. Fecundity in summer generations. *Appl. Ent. Zool.* **21**: 448-453.

Watanabe, M., Koizumi, H., Suzuki, N. and K. Kiritani, 1988. Studies on ecology and behavior of Japanese black swallowtail butterflies. 7. Nectar of aglory tree, *Clerodendron trichotomum*, as a food resource of adults in summer. *Ecol. Res.* **3**: 175-180.

Summary

Flower visiting activities of *Papilio protenor* were observed in the butterfly house at Biopark of Adachi, Tokyo. The flowers of *Ixora coccinea*, *I. chinensis* and *Vervena bonariensis* were the main food resource of *P. protenor* in the butterfly house. The flower visiting individuals and environmental factors were measured every 30 minutes. The investigation was made on Oct. 24, Oct. 25, Dec. 24 in 1998 and Jan. 29 in 1999.

The weather was dull on Oct. 24 and the butterfly house was in a cool condition. Flower visiting activities continued from 0830 to 1600. Activities of male butterflies peaked from 1100 to 1130. This hour coincided with increasing light intensity and radiant heat, and the activities of male butterflies seemed to be strongly affected by light intensity and radiant heat. Their activities were depressed when light intensity, radiant heat and air temperature became low. Peaks of the activities of female butterflies were not clear during the day.

On Oct. 25, it was very fine. There was strong sunshine, and the butterfly house was in a hot condition. Activities of butterflies were brisk before 0830. But the number of flower visiting individuals decreased with the passage of time. Few flower visiting individuals were observed from 1100 to 1430. Then the number of flower visiting butterflies increased once again after 1430. Flower visiting activities of butterflies peaked twice in the morning and afternoon. High air temperature and radiant heat seemed to depress their activities.

The weather was fine on Dec. 24. It was not so hot as on Oct. 25 in the butterfly house. Light intensity, air temperature and radiant heat were low in the morning. They increased with passage of time and decreased in the afternoon. Flower visiting activities began after 0930. Many flower visiting butterflies were observed from 0930 to 1430. The peak of male activity was from 1130 to 1300. But female butterfly activities were not clear. Light intensity, air temperature and radiant heat were low before 0930 and after 1430. Their activities were depressed when light intensity, air temperature and radiant heat were low. Strong light intensity did not depress their activities.

The weather was fine to cloudy on Jan. 29. Three environmental factors were low in the morning and increased with passage of time, as on Dec. 24. But, they decreased abruptly in the afternoon as the weather changed from fine to cloudy after 1300. Flower visiting activities began after 0900 and they increased with passage of time. The peak of activities was from 1200 to 1230 but they decreased abruptly after 1300. The activities were depressed when environmental factors were low in the afternoon.

Male activities showed two peaks on Oct. 25. But they showed a single peak on Dec. 24 and Jan. 29. The weather was fine or fine to cloudy on these three days, but environmental factors were different. Light intensity was high on all three days. Air temperature and radiant heat were high on Oct. 25, but they were low on Dec. 24 and on Jan. 29. Furthermore the activities showed a single peak on Oct. 24, when the weather was dull and the butterfly house was in a cool condition. Their activities showed two peaks when they were depressed by high air temperature and radiant heat, but on the other hand they showed a single peak when they were depressed by low air temperature and radiant heat. These results suggested that their activities were influenced by radiant heat and air temperature more than by light intensity. On the other hand the peaks of activities of female butterflies were not clear. Female activities seemed to be less affected by environmental factors than male activities.

(Accepted June 21, 2000)

Published by the Lepidopterological Society of Japan,
5-20, Motoyokoyama 2, Hachioji, Tokyo, 192-0063 Japan